RESEARCH HIGHLIGHT

June 2005

Technical Series 05-109

INITIAL MATERIAL CHARACTERIZATION OF STRAW LIGHT CLAY

INTRODUCTION

North America has seen a steady growth of interest in natural building techniques over the past several decades. Many of these techniques and systems are contemporary adaptations of traditional methods, and Straw Light Clay (SLC) is no exception. SLC is a contemporary variant of earth building techniques used by advanced civilizations for thousands of years. SLC is prepared by coating a straw aggregate with a clay binder. This process creates a versatile, non-structural infill material with very low embodied energy. In most applications SLC is formed in situ, with some practitioners experimenting with pre-formed blocks.

A defining characteristic of current building practice is the requirement to adhere to building codes and standards. These codes are often based upon evidence gathered from laboratory analysis of materials characteristics. Therefore, placing natural building materials in a contemporary context requires testing to demonstrate basic material properties. A research program was undertaken as an initial step towards establishing the material properties for SLC. The research attempted to combine experiential and anecdotal evidence, as provided by builders and regional tradition, with established testing protocols. Research methodologies were developed with the assistance of Dr. John Straube of the University of Waterloo, where many of the laboratory tests were conducted.

RESEARCH PROGRAM

Research on SLC in North America is limited. The recent translation of the German text, *Earth Construction Handbook*, by Gernot Minke, and a number of papers published by Dr. John Straube of the University of Waterloo, provided the methodological framework for the research project.

The research set out to investigate the thermal resistance and moisture-related performance characteristics of SLC in order to assess the viability of this material for Canadian climates, and identify future research opportunities. Fire resistance, shrinkage and swelling, compression and bending, and density were also tested.

RESEARCH RESULTS

Based on the literature review and testing results, which are fully outlined in the research document, a number of conclusions are presented. Straw Light Clay has a very high vapour permeability rating (a low vapour diffusion resistance value), allowing this material to release moisture via vapour diffusion rapidly, thereby ensuring fast drying. This quality indicates that straw light clay, combined with earth or lime-based plasters, may play a significant role in balancing interior humidity levels. Although SLC has a very large moisture storage capacity, the application of a vapour diffusion retarder may compromise the ability of Straw Light Clay to release moisture rapidly and stay within the moisture storage capacity of SLC.

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

The thermal conductivity ranged from 0.068 to 0.18 m^2K/w (0.8 to 2.1 hft^2F/Btu), per inch, with higher densities equating with lower insulating values. This range meets the minimum thermal resistance value prescribed by the Ontario Building Code. Thermal bridging in SLC wall assemblies is minimal, therefore the whole wall R-value calculation will be closer to the required R-value compared to "conventional" products. The research suggests that in regions with large diurnal temperature swings, the thermal mass of SLC is able to store heat during periods of high temperature, and then release this heat during cooler periods.

It should be noted that reaching target densities is challenging given the variability of materials and workmanship. A fair degree of experience with specific, local materials is required to consistently and predictably reach both lower and higher density ranges.
The mid-range density class is the most easily obtained. The table below highlights property results for a mid-range density sample.

Property	Density class	Results
Thermal Resistance (per inch)	647 kg/m^3 40 pcf	RSI = 0.28 R = 1.6
Thermal Conductivity (W/mK)	642 kg/m^3	0.090
Moisture Properties - Permeability (ng/Pa ms) - Permeance (ng/Pa m^2s) @ 10 cm (4 in) thickness - Absorption ($kg/m^2h^{0.5}$)	 Same as above Same Same	 45.9 451 3.4
Compression (at 5% strain)	680 kg/m^3 42.5 pcf	0.08 MPa 11.9 psi
Bending - Rupture Modulus - Modulus of Elasticity (compression)	 Same Same	 0.23 MPa 34 psi 1.36 MPa 200 psi
Settlement (after drying to equilibrium)	720-800 kg/m^3 45-50 pcf	7%
Fire Penetration (after 4 hrs of propane torch)	same	51 mm (2 in)

Table 1: Property results for a mid-range density sample.

106-03190/

The literature review and testing program indicate that the settlement of straw clay is problematic, requiring remedial work which significantly increases labour output. The report refers to demonstrated solutions with some practitioners using an internal bamboo matrix or pre-formed blocks to mitigate settlement problems. The fire testing results in the report—based on ASTM standards E 119 and E 84—indicate SLC would very likely meet the conditions required for a fire resistance period of four hours. As a final point, Straw Light Clay is a highly ductile material, with the potential to absorb a fair amount of energy in the event of seismic activity.

IMPLICATIONS FOR THE HOUSING INDUSTRY

This research program served to demonstrate the material characteristics of Straw Light Clay. Results were consistent with findings presented by German practitioner, Gernot Minke, in the recently translated *Earth Construction Handbook*. The research program also demonstrated the effectiveness of a hybridized field/laboratory approach to the testing of natural materials such as SLC.

Initial results indicate that SLC has many worthwhile material properties, including thermal and fire resistance. In addition, SLC, made on-site by an owner/builder using local materials, has the potential to eliminate manufacturing, transportation and construction waste costs associated with conventional building products. Furthermore, SLC enables participation by a broad range of people given that only a few, inexpensive tools are needed, and limited construction experience is required for mid-range density classes.

CMHC Project Officer: Don Fugler

Research Consultant: Joshua Thornton

This project was funded (or partially funded) by Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) under the terms of the External Research Program (ERP), an annual research grant competition. The views expressed are the personal views of the author(s) and do not represent the official views of CMHC. For more information on the ERP, please visit the CMHC website at **www.cmhc.ca** or contact the Project Officer, Responsive Programs by e-mail at erp@cmhc-schl.gc.ca, or by regular mail: Project Officer, Responsive Programs, External Research Program, Policy and Research Division, Canada Mortgage and Housing Corporation, 700 Montreal Road, Ottawa ON K1A 0P7.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our website at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

©2005, Canada Mortgage and Housing Corporation
Printed in Canada
Produced by CMHC 30-06-05

OUR WEB SITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

63928

LE POINT EN RECHERCHE

Juin 2005

Série technique 05-109

CARACTÉRISATION INITIALE DU MATÉRIAU DE PAILLE ET D'ARGILE LÉGÈRE

INTRODUCTION

L'Amérique du Nord a connu, au cours des dernières décennies, un accroissement d'intérêt constant à l'égard des techniques de construction écologiques. Bon nombre de ces techniques et systèmes de construction sont, en réalité, des adaptations contemporaines de méthodes classiques et le matériau de paille et d'argile légère (PAL) ne fait pas exception à la règle. La PAL est une variante contemporaire des techniques de construction en terre que des civilisations évoluées ont utilisées pendant des milliers d'années. La PAL se confectionne en enrobant la paille d'un liant d'argile. Le produit obtenu donne un matériau de remplissage isolant, non structural, mais polyvalent, nécessitant très peu d'énergie de production. Dans la majorité des cas, la PAL se confectionne sur place, mais plusieurs praticiens expérimentent cette méthode de construction avec des blocs préformés.

Une caractéristique absolue des techniques de construction courantes traduit la nécessité de se conformer aux codes du bâtiment et aux normes. Les codes sont bien souvent fondés sur des preuves recueillies à partir d'analyses en laboratoire des caractéristiques des matériaux. Par conséquent, transposer des matériaux de construction écologiques dans un contexte contemporain requiert des essais attestant leurs propriétés fondamentales. Le programme de recherche constitue la première étape visant à établir les propriétés du matériau de paille et d'argile légère. La recherche tendait à combiner les preuves expérimentales et anecdotiques fournies par les constructeurs et respectant les traditions régionales, avec les protocoles d'essais établis. Les méthodes de recherche ont été élaborées avec l'aide de John Straube de l'Université de Waterloo, où se sont déroulés de nombreux essais en laboratoire.

PROGRAMME DE RECHERCHE

La recherche consacrée à la paille et à l'argile légère en Amérique du Nord est limitée. *Le guide de construction en terre*, de Gernot Minke, récemment traduit de l'allemand, et des documents publiés par John Straube de l'Université de Waterloo, ont fourni le cadre méthodologique de la recherche.

La recherche visait à étudier la résistance thermique et la performance à l'humidité de la paille et de l'argile légère dans le but d'en évaluer la viabilité en zones climatiques canadiennes et de cerner de futures possibilités de recherche. La résistance au feu, le retrait, le gonflement, la compression, la flexion et la densité ont également fait l'objet d'essais.

RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Des conclusions sont formulées d'après le dépouillement documentaire et les résultats d'essais, dont fait pleinement état le document de recherche. La paille et l'argile légère enregistre une très haute perméabilité à la vapeur d'eau (faible valeur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau), ce qui lui permet de libérer rapidement l'humidité par diffusion de vapeur, d'où son assèchement rapide. Cette caractéristique indique que la paille et l'argile légère, employée avec de la terre ou un enduit à base de chaux, peut grandeme-nt contribuer à équilibrer l'humidité à l'intérieur. Même si la PAL a une très forte capacité de stockage de l'humidité, la mise en œuvre d'un pare-vapeur peut compromettre la capacité du matériau à libérer rapidement l'humidité et à demeurer dans ses limites de stockage de l'humidité.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

La résistance thermique varie entre 0,068 et 0,18 m^2.K/W (0,8 et 2,1 h.pi^2.F/Btu), par pouce, les densités plus élevées se traduisant par des valeurs isolantes moindres. Cette gamme est conforme à la valeur minimale de résistance thermique que prescrit le Code du bâtiment de l'Ontario. Comme la formation de ponts thermiques dans les murs en PAL est minime, le calcul de la valeur R globale se rapproche davantage de la valeur R requise par rapport aux produits « conventionnels » . La recherche indique que dans les régions aux prises avec d'importantes fluctuations de température le jour, la masse thermique de la PAL permet de stocker la chaleur pendant les périodes de température élevée pour ensuite la libérer dans les périodes fraîches.

Il convient de noter qu'atteindre les densités cibles pose un défi, vu la variabilité des matériaux et de la main-d'œuvre. Une bonne dose d'expérience avec les matériaux locaux spécifiques est nécessaire pour atteindre de façon uniforme et prévisible les gammes de faibles et de hautes densités. La densité intermédiaire s'obtient le plus facilement. Le tableau ci-dessous livre les résultats des propriétés d'un échantillon de densité intermédiaire.

Propriété	Masse volumique	Résultats
Résistance thermique (au pouce)	647 kg/m^3 40 lb/pi^3	RSI = 0,28 R = 1,6
Conductivité thermique (W/m.K)	642 kg/m^3	0,090
Propriétés hygrométriques - perméabilité (ng/Pa.m.s.) - perméance (ng/Pa.m^2.s) à 10 cm (4 po) d'épaisseur - absorption (kg/m^2.$h^{0,5}$)	 Même que ci-dessus Même Même	 45,9 451 3,4
Compression (selon un allongement de 5 %)	680 kg/m^3 42,5 lb/pi^3	0,08 MPa 11,9 lb/po^2
Flexion - module de rupture - module d'élasticité (compression)	 Même Même	 0,23 MPa 34 lb/po^2 1,36 MPa 200 lb/po^2
Tassement (après s'être asséché jusqu'au point d'équilibre)	720-800 kg/m^3 45-50 lb/pi^3	7 %
Pénétration du feu (après 4 heures d'exposition à la flamme du chalumeau)	Même	51 mm (2 po)

Tableau 1 : Résultats des propriétés d'un échantillon de densité intermédiaire.

Le dépouillement documentaire et le programme d'essais indiquent que le tassement de la PAL pose un problème, requérant des correctifs qui influent considérablement sur les besoins de main-d'œuvre. Le rapport renvoie à des solutions éprouvées auxquels ont eu recours des praticiens à l'aide d'une matrice de bamboo interne ou de blocs préformés pour atténuer le tassement. Les résultats des essais de résistance au feu indiqués dans le rapport, menés conformément aux normes ASTM E 199 et E 84, révèlent que la PAL satisferaient très probablement aux exigences correspondantes pendant une période de quatre heures. Enfin, la PAL s'avère un matériau très ductile, ayant la possibilité d'absorber une quantité appréciable d'énergie en cas de séisme.

CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DU LOGEMENT

Le programme de recherche a permis de démontrer les caractéristiques de la paille et de l'argile légère. Les résultats étaient conformes à ceux présentés par le praticien allemand, Gernot Minke, dans *Le guide de construction en terre* récemment traduit. Le programme de recherche a aussi démontré l'efficacité d'une démarche hybride à pied d'œuvre et en laboratoire pour la mise à l'essai de matériaux naturels comme la PAL.

Les premiers résultats révèlent que la PAL comporte de nombreuses propriétés valables, dont la résistance thermique et la résistance au feu. De plus, la PAL confectionnée sur place par un propriétaire-constructeur faisant appel à des matériaux locaux permet d'éliminer les frais de fabrication, de transport et des déchets de construction associés aux matériaux de construction classiques. En outre, la PAL permet à davantage de gens de participer aux travaux, vu qu'il suffit de quelques outils peu coûteux et que le matériau de densité intermédiaire requiert peu d'expérience en construction.

Directeur de projet : Don Fugler

Consultants pour le projet de recherche :
Joshua Thornton

Ce projet a été réalisé (ou : réalisé en partie) grâce au soutien financier de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) dans le cadre de son Programme de subventions de recherche, subventions qui sont octroyées au terme d'un concours annuel. Les idées exprimées sont toutefois celles de l'auteur (ou : des auteurs) et ne représentent pas la position officielle de la SCHL. Pour en savoir plus sur ce programme, visitez le site Web de la SCHL à **www.schl.ca** ou communiquez avec l'agent de projets, Recherche d'initiative privée, par courriel, à erp@cmhc-schl.gc.ca, ou par la poste à : Agent de projets, Recherche d'initiative privée, Programme de subventions de recherche, Division de la recherche et des politiques, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 700 chemin de Montréal, Ottawa (Ontario) K1A 0P7.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

©2005, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 30-06-05

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

63929